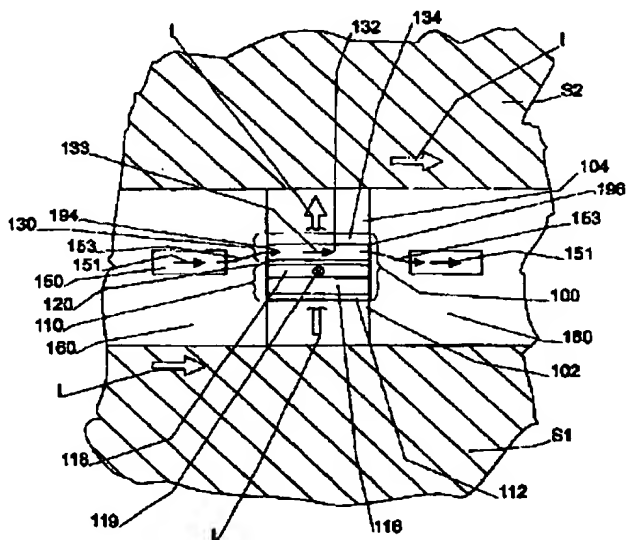


(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)8月6日

G 1 1 B 5/39



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検出回路に接続されるとき、媒体上に磁気的に記録されたデータを検出する磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッドであって、

第 1 の導電性の磁気シールドと、

前記第 1 のシールド上に配置される第 1 の導電性のスペーサ層と、

前記第 1 のスペーサ層上に配置される磁気トンネル接合であって、

前記媒体からの印加磁場の存在の下で、磁化方向が好適な方向に沿って固定され、回転を阻止される固定強磁性層と、

前記媒体からの印加磁場の不在の下で、磁化方向が前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に向けられ、前記印加磁場の存在の下で、自由に回転することができる検出強磁性層と、

前記固定強磁性層と前記検出強磁性層との間に接触して配置され、前記固定強磁性層及び前記検出強磁性層に垂直な方向のトンネル電流を可能にする、絶縁トンネル障壁層とを含む、磁気トンネル接合と、

前記磁気トンネル接合を前記第 1 のスペーサ層との間で挟み込む第 2 の導電性のスペーサ層と、

前記第 2 のスペーサ層上に配置される第 2 の導電性の磁気シールドとを含み、前記第 1 のシールドから前記第 1 のスペーサ層、前記磁気トンネル接合及び前記第 2 のスペーサ層を通じて前記第 2 のシールドに至る導電パスが提供される、読取りヘッド。

【請求項 2】 前記磁気トンネル接合と前記第 2 のスペーサ層との間に配置され、前記磁気トンネル接合のための腐食保護を提供するキャッピング層を含む、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 3】 前記第 2 のスペーサ層が、前記磁気トンネル接合のための腐食保護を提供するキャッピング層である、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 4】 前記固定強磁性層と接触し、界面交換結合により前記固定強磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を含む、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 5】 前記第 1 のスペーサ層が前記第 1 のシールド上に直接形成され、前記反強磁性層が前記第 1 のスペーサ層と前記固定強磁性層との間に配置され、前記固定強磁性層が前記反強磁性層上に直接接触して形成される、請求項 4 記載の読取りヘッド。

【請求項 6】 前記第 1 のスペーサ層上に配置され、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層を含み、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、請求項 5 記載の読取りヘッド。

【請求項 7】 前記第 1 のスペーサ層が、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層であり、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、請求項 5 記載の読取りヘッド。

【請求項 8】 印加磁場の不在の下で、前記検出強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に、長手方向にバイアスするバイアス強磁性層と、

前記バイアス強磁性層と前記検出強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検出強磁性層から電気的に分離する絶縁層とを含み、前記スペーサ層が前記絶縁層により前記バイアス強磁性層から電気的に分離され、検出電流が前記第 1 及び第 2 のシールド間を流れるときに、前記検出電流が前記バイアス強磁性層に流れ込むことなく、前記磁気トンネル接合を通じて垂直方向に流れる、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 9】 前記読取りヘッドが統合型読取り／書込みヘッドの一部である、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 10】 前記第 1 及び第 2 のシールドに接続される検出回路を含む、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 11】 前記第 1 及び第 2 のシールドの各々がペDESTAL領域を含み、前記第 1 のスペーサ層が前記第 1 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 2 のスペーサ層が前記第 2 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 1 及び第 2 のシールド間の間隔が、前記ペDESTAL領域の外側において、前記ペDESTAL領域内よりも大きい、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 12】 前記ペDESTAL領域の各々の面積が、前記第 1 及び第 2 のスペーサ層の各々の面積と同一である、請求項 11 記載の読取りヘッド。

【請求項 13】 前記第 1 及び第 2 のシールドが、NiFeX 合金 (X は Ta、Rh、Pt または Nb)、CoZrNb 合金、及び FeAlSi 合金を含むグループから選択される材料からなる、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 14】 前記読取りヘッドが磁気記録ディスクからデータを検出するタイプであり、前記読取りヘッドが、該ヘッドが前記ディスクからデータを読出すときに、前記ディスクの表面と対向するエアベアリング面 (ABS) と、前記 ABS に垂直なトレーリング・エンド面とを有するエアベアリング・スライダを含み、前記スライダ・トレーリング・エンド面が、前記第 1 のシールドが形成される基板である、請求項 1 記載の読取りヘッド。

【請求項 15】 検出回路に接続されるとき、磁気記録ディスク・ドライブ内の磁気記録ディスクからデータを検出する磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッド・アセンブリであって、

前記ディスクの表面に対向する検出面、及び前記検出面に垂直なトレーリング・エンド面を有するヘッド・キャリアと、

前記ヘッド・キャリアの前記トレーリング・エンド面上にあって、前記検出回路への接続のための電気リードを提供する第 1 の導電性の磁気シールドと、

前記第 1 のシールド上の第 1 の導電性のスペーサ層と、  
 前記第 1 のスペーサ層上の磁気トンネル接合であって、  
 前記媒体からの印加磁場の存在の下で、磁化方向が好適な方向に沿って固定され、回転を阻止される、前記第 1 のスペーサ層上の固定強磁性層と、  
 前記固定強磁性層上に接触して配置される絶縁トンネル障壁層と前記トンネル障壁層上に接触して配置され、前記ディスクからの印加磁場の不在の下で、磁化方向が前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に向けられ、前記印加磁場の存在の下で、自由に回転することができる検出強磁性層とを含む、磁気トンネル接合と、  
 前記検出強磁性層上の第 2 の導電性のスペーサ層と、  
 前記第 2 のスペーサ層上に配置され、前記検出回路との接続のための電気リードを提供する第 2 の導電性の磁気シールドとを含む、前記第 1 のシールドから前記第 1 のスペーサ層、前記磁気トンネル接合及び前記第 2 のスペーサ層を通じて、前記第 2 のシールドに至る導電パスが提供され、前記パスが前記トンネル障壁層を通じて垂直方向に流れるトンネル電流のためのパスを含む、ヘッド・アセンブリ。

【請求項 1 6】前記検出強磁性層と前記第 2 のスペーサ層との間に配置され、前記磁気トンネル接合のための腐食保護を提供するキャッピング層を含む、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 1 7】前記第 2 のスペーサ層が、前記磁気トンネル接合のための腐食保護を提供するキャッピング層である、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 1 8】前記第 1 のスペーサ層と前記固定強磁性層との間に、該固定強磁性層と接触して配置され、界面交換結合により前記固定強磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を含む、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 1 9】前記第 1 のスペーサ層上に配置され、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層を含み、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、請求項 1 8 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 2 0】前記第 1 のスペーサ層が、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層であり、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、請求項 1 8 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 2 1】印加磁場の不在の下で、前記検出強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に、長手方向にバイアスするバイアス強磁性層と、  
 前記バイアス強磁性層と前記検出強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検出強磁性層から電氣的に分離する絶縁層とを含む、前記スペーサ層が前記絶縁層により前記バイアス強磁性層から電氣的に分離され、検出電流が前記第 1 及び第 2 のシールド間を流れるときに、前記検出電流が前記バイアス強磁性層に流れ込むことなく、前記磁気トンネル接合を通じて垂直方向に

流れる、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 2 2】前記第 1 及び第 2 のシールドに接続される検出回路を含む、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 2 3】前記第 1 及び第 2 のシールドの各々がペDESTAL領域を含み、前記第 1 のスペーサ層が前記第 1 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 2 のスペーサ層が前記第 2 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 1 及び第 2 のシールド間の間隔が、前記ペDESTAL領域の外側において、前記ペDESTAL領域内よりも大きい、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 2 4】前記ペDESTAL領域の各々の面積が、前記第 1 及び第 2 のスペーサ層の各々の面積と同一である、請求項 2 3 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 2 5】前記第 1 及び第 2 のシールドが、NiFeX合金(XはTa、Rh、PtまたはNb)、CoZrNb合金、及びFeAlSi合金を含むグループから選択される材料からなる、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【請求項 2 6】前記ヘッド・キャリアがエアベアリング・スライダであり、前記検出面が前記スライダのエアベアリング面である、請求項 1 5 記載のヘッド・アセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【0001】関連出願：本願は、米国特許出願番号第 9 5 7 6 9 9 号（出願人整理番号：AM997039）"MAGNETIC TUNNEL JUNCTION MAGNETORESISTIVE READ HEAD WITH SENSING LAYER AS FLUX GUIDE"、及び同第 9 5 7 7 8 8 号（出願人整理番号：AM997137）"MAGNETIC TUNNEL JUNCTION MAGNETORESISTIVE READ HEAD WITH SENSING LAYER AS REAR FLUX GUIDE"に関連する。

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に磁気トンネル接合(MTJ)素子に関し、特に、磁氣的に記録されたデータを読出す磁気抵抗(MR)ヘッドとして使用されるMTJ素子に関する。

【0003】

【従来の技術】磁気トンネル接合(MTJ)素子は、薄い絶縁トンネル障壁層により分離される 2 つの強磁性層から構成され、スピン分極電子トンネル現象にもとづく。強磁性層の 1 つは、印加磁場の 1 方向により高い飽和磁場を有し、これは通常、他の強磁性層よりも高いその保磁性による。絶縁トンネル障壁層は、強磁性層間で量子力学的トンネリングが発生するように十分に薄い。トンネル現象は電子スピン分極に依存し、MTJ素子の磁気応答を 2 つの強磁性層の相対配向及びスピン分極の関数にする。

【0004】MTJ素子は基本的に、ソリッド・ステート・メモリのためのメモリ・セルとして提案された。M

MTJメモリ・セルの状態は検出電流がMTJ素子を通じて、一方の強磁性層から他方の強磁性層に垂直方向に流れる時の、MTJ素子の抵抗を測定することにより決定される。絶縁トンネル障壁層を横断する電荷キャリアのトンネリングの確率は、2つの強磁性層の磁気モーメント（磁化方向）の相対アライメントに依存する。トンネル電流はスピン分極され、このことは一方の強磁性層、例えば磁気モーメントが固定される、すなわち回転を阻止される層から流れる電流が、もっぱら1スピン・タイプの電子（強磁性層の磁気モーメントの配向に依存してスピンアップまたはスピンドアウン）から構成されることを意味する。トンネル電流のスピン分極の度合いは、強磁性層とトンネル障壁層との界面において、強磁性層を構成する磁性材料の電子帯構造により決定される。従って、第1の強磁性層はスピン・フィルタとして作用する。電荷キャリアのトンネリングの確率は、第2の強磁性層内の電流のスピン分極と同一のスピン分極の電子状態の可用性に依存する。通常、第2の強磁性層の磁気モーメントが、第1の強磁性層の磁気モーメントに平行であるときには、第2の強磁性層の磁気モーメントが、第1の強磁性層のそれに逆平行であるときよりも、より多くの有効な電子状態が存在する。従って、電荷キャリアのトンネリング確率は、両方の層の磁気モーメントが平行の時に最高となり、磁気モーメントが逆平行の時に最低となる。磁気モーメントが平行でも逆平行でもないときには、トンネリング確率は中間の値を取る。従って、MTJメモリ・セルの電気抵抗は、両方の強磁性層内の電流のスピン分極と、電子状態の両方に依存する。結果的に、磁化方向が特定の固定されない強磁性層の2つの可能な磁化方向が、メモリ・セルの2つの可能なビット状態（0または1）を定義する。

【0005】磁気抵抗（MR）センサは、磁性材料から形成される検出素子の抵抗変化を通じて磁場信号を検出する。こうした抵抗変化は、検出素子により検出される磁束の強度及び方向の関数となる。磁気記録ディスク・ドライブ内でデータを読出すMR読取りヘッドとして使用されるMRセンサなどの従来のMRセンサは、バルク磁性材料（典型的にはパーマロイ（Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>））の異方性磁気抵抗（AMR）効果にもとづき動作する。読取り素子の抵抗成分は、読取り素子内の磁化方向と、読取り素子を通じて流れる検出電流の方向との間の角度の余弦の平方として変化する。記録データがディスク・ドライブ内のディスクなどの、磁気媒体から読出される。なぜなら、記録された磁気媒体からの外部磁場（信号磁場）が、読取り素子内の磁化方向の変化を生じて、これが次に読取り素子の抵抗の変化、並びに検出電流または電圧の対応する変化を生じるからである。従来のMR読取りヘッドでは、MTJ素子とは対照的に、検出電流が読取り素子の強磁性層と平行な方向である。

【0006】磁気記録用の磁気抵抗読取りヘッドとして

のMTJ素子の使用については、米国特許第5390061号で述べられている。このMTJ読取りヘッドでは、MTJ素子の検出電流が、MTJ素子の上下に配置される薄い金属層の形態の導体により提供される。これらの導体は通常、数百Åの厚さを有する。通常、磁気抵抗（MR）読取り素子は、厚い高透磁率の磁性層またはシールド間に配置され、導体はそれらから十分に厚い非導電層により、電氣的に絶縁されなければならない（前記米国特許第5390061号の図10参照）。高い面密度の磁気記録アプリケーションでは、情報が記憶される磁気ビットのサイズが低減されるにつれ、MR読取りヘッド及び関連要素のサイズが低減されなければならない。特に、MR読取りヘッドが、ビット長が低減された磁気ビットを検出できるように、MR読取りヘッドが通常、配置される磁気シールド間の間隔の厚さが低減されなければならない。MTJ素子、導電リード及び絶縁層の厚さは、漠然と小さくすることはできないので、結局、最大可能面密度の限界に達することになる。1996年11月27日付けのIBMの米国特許出願番号第757422号は、長手方向のバイアスを有するMTJ MR読取りヘッドについて述べており、そこではMTJ素子が、MR検出回路に接続される電気リードを有する。リードが絶縁ギャップ材料と接触し、ギャップ材料が磁気シールドと接触し、従ってリードがシールドから電氣的に絶縁される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、磁気シールド間の間隔を低減して、高い面密度を達成するために、十分に薄く形成され得る検出リードを含むMTJ素子を有するMR読取りヘッドを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、MTJ素子が2つの間隔をあけて設けられる磁気シールド間に配置される、磁気記録システムのためのMTJ MR読取りヘッドである。磁気シールドは、ヘッドが磁気記録媒体から個々の磁気転移を隣の転移からの干渉無しに検出することを可能にし、ヘッドを検出回路に接続するための電気リードとしても機能する。導電スペーサ層がMTJ素子の上下に配置され、MTJ素子をシールドに接続する。スペーサ層の厚さは、シールド間の間隔を最適化するように選択され、これは磁気記録媒体から読出されるデータの線分解能を制御するパラメータである。シールド間の間隔が余りに小さい場合に、シールド間の電氣的短絡の可能性を低減するためにシールドの各々がベDESTAL領域を有し、これら2つのベDESTAL領域の外側のシールド間の間隔がベDESTAL領域内よりも大きい。

【0009】

【発明の実施の形態】図1を参照すると、MRセンサを

10

20

30

40

50

用いるタイプの従来のディスク・ドライブの構成の断面図が示される。ディスク・ドライブは、ディスク駆動モータ 12 及びアクチュエータ 14 が固定される基部 10、及びカバー 11 を含む。基部 10 及びカバー 11 は、ディスク・ドライブのための実質的に封止されたハウジングを提供する。通常、基部 10 とカバー 11 との間に配置されるガスケット 13、及びディスク・ドライブの内部と外部環境との間で圧力を等しくするための小さなブリーザ・ポート (breather port) (図示せず) が存在する。磁気記録ディスク 16 はハブ 18 により駆動モータ 12 に結合され、ハブが駆動モータ 12 により回転される。薄い潤滑膜 50 がディスク 16 の表面上に保持される。読取り/書込みヘッドまたはトランスジューサ 25 が、エアベアリング・スライダ 20 などのキャリアの末端部に形成される。トランスジューサ 25 は、図 3 に関連して述べられるように、誘導書込みヘッド部分と MR 読取りヘッド部分とを含む読取り/書込みヘッドである。スライダ 20 は剛性アーム 22 及びサスペンション 24 により、アクチュエータ 14 に接続される。サスペンション 24 は、スライダ 20 を記録ディスク 16 の表面に押し当てるバイアス力を提供する。ディスク・ドライブの動作中、駆動モータ 12 が記録ディスク 16 を一定速度で回転し、アクチュエータすなわち通常、リニアまたはロータリ・ボイス・コイル・モータ (VCM) が、スライダ 20 を一般に、記録ディスク 16 の表面を横断して半径方向に移動する。それにより、読取り/書込みヘッド 25 が記録ディスク 16 上の異なるデータ・トラックをアクセスし得る。

【0010】図 2 は、カバー 11 が取り外されたディスク・ドライブの内部の上面図であり、これはスライダ 20 を記録ディスク 16 に押しつける力を提供するサスペンション 24 を詳細に示す。サスペンション 24 は、周知のワトラス (Watrous) ・サスペンション (IBM の米国特許第 4167765 号に記載) などの、従来タイプのサスペンションである。このタイプのサスペンションはまた、スライダがエアベアリング上を浮上するときに、ピッチ及びロールすることを可能にする、スライダのジンバル式装着を提供する。トランスジューサ 25 により記録ディスク 16 から検出されるデータは、アーム 22 上に配置される集積回路チップ 15 内の信号増幅及び処理回路により、データ・リードバック信号に処理される。トランスジューサ 25 からの信号は可撓性ケーブル 17 を介してチップ 15 に伝達され、チップ 15 がその出力信号をケーブル 19 を介してディスク・ドライブ電子機構 (図示せず) に送信する。

【0011】図 3 は、MR 読取りヘッド部分及び誘導書込みヘッド部分を含む統合型読取り/書込みヘッド 25 の断面図である。ヘッド 25 は、例えばエアベアリング・スライダ・タイプのヘッド・キャリアのエアベアリング面 (ABS) など、ヘッド・キャリアの検出面を形成

するためにラップされる。上述のように、検出面または ABS はエアベアリングにより、回転ディスク 16 (図 1) の表面から間隔をあけられる。読取りヘッドは、第 1 及び第 2 のギャップ層 G1 及び G2 の間に挟まれる MR センサ 40 を含み、更にこれらのギャップ層が、第 1 及び第 2 の磁気シールド層 S1 及び S2 間に挟まれる。MR センサ 40 から伸びて、チップ 15 (図 2) 内の検出回路と接続する電気導体 (図示せず) が、MR センサ 40 と接触し、MR センサ 40 とギャップ層 G1、G2 との間に配置される。従ってギャップ層 G1、G2 は、電気リードをシールド S1、S2 から電氣的に絶縁する。従来のディスク・ドライブでは、MR センサ 40 は AMR センサである。書込みヘッドはコイル層 C 及び絶縁層 I2 を含み、これらが絶縁層 I1 と I3 との間に挟まれる。そして I1 及び I3 は更に、第 1 及び第 2 の磁極片 P1、P2 の間に挟まれる。ギャップ層 G3 は ABS 近傍の極先端部分において、第 1 及び第 2 の磁極片 P1、P2 の間に挟まれ磁気ギャップを提供する。書込みの間、信号電流がコイル層 C を通じて伝導され、磁束が第 1 及び第 2 の磁極層 P1、P2 内に誘導され、その結果、磁束が ABS において極先端を横断して縁取る。この磁束は書込み動作の間、回転ディスク 16 上の環状トラックを磁化する。読出し動作の間、回転ディスク 16 上の磁化領域が磁束を読取りヘッドの MR センサ 40 内に注入し、その結果 MR センサ 40 の抵抗が変化する。これらの抵抗変化が MR センサ 40 にかかる電圧変化を検出することにより検出される。電圧変化がチップ 15 (図 2) 及び駆動電子機構により処理され、ユーザ・データに変換される。図 3 に示される結合ヘッド 25 は "併合 (merged) " ヘッドであり、そこでは読取りヘッドの第 2 のシールド層 S2 が書込みヘッド用の第 1 の磁極片 P1 として使用される。ピギーバック・ヘッド (図示せず) では、第 2 のシールド層 S2 及び第 1 の磁極片 P1 が別々の層である。

【0012】AMR 読取りヘッドを有する典型的な磁気記録ディスク・ドライブの上述の説明、及び図 1 乃至図 3 は、単に説明の都合上示されたものである。ディスク・ドライブは多数のディスク及びアクチュエータを含み得、各アクチュエータが多数のスライダをサポートし得る。更にエアベアリング・スライダの代わりに、ヘッド・キャリアが、液体ベアリング式及び他の接触式または近接触式記録ディスク・ドライブなどのように、ヘッドをディスクと接触または近接触させるように維持するものであってもよい。

【0013】本発明は、図 3 の読取り/書込みヘッド 25 内の MR センサ 40 の代わりに使用される MTJ センサを有する MR 読取りヘッドである。

【0014】図 4 は、本発明の 1 実施例による MTJ MR 読取りヘッドの断面図であり、これは図 3 のライン 42 で示されるエッジを有する平面をディスク表面から

見たものである。従って、図4の紙面はABSに平行で、実質的にMTJ MR読取りヘッドの活性検出領域、すなわちトンネル接合を通じる平面であり、ヘッドを構成する層を明らかにするものである。図5は、図4の断面に垂直な断面図であり、検出面200またはABSが右側である。

【0015】図4及び図5を参照すると、MTJ MR読取りヘッドは、第1の磁気シールドS1上に直接形成される導電性のスペーサ層102、第2の磁気シールドS2下において、それと直接接触する導電性のスペーサ層104、及び電気スペーサ層102、104間にスタック層として形成されるMTJ100を含む。磁気シールドS1、S2は磁気シールドとして、またMTJ100を検出回路に接続するための導電リードとしても機能する。これは図4において、第1のシールドS1を通じて、次にスペーサ層102、MTJ100及びスペーサ層104を通じて垂直方向に流れ、最後に第2のシールドS2を通じて流れ出る電流の方向を示す矢印により示される。

【0016】MTJ素子100は第1の電極多重層スタック110、絶縁トンネル障壁層120、及び上部電極スタック130を含む。電極の各々は、トンネル障壁層120と直接接触する強磁性層、すなわち強磁性層118及び132を含む。

【0017】電極リード102上に形成されるベース電極層スタック110は、リード102上のシードまたは“テンプレート”層112、テンプレート層112上の反強磁性材料層116、及び下側にある反強磁性層116上にそれと交換結合されて形成される固定強磁性層118を含む。強磁性層118は固定層と呼ばれる。なぜなら、そのネットの磁気モーメントまたは磁化方向が所望の対象の範囲内の印加磁場の存在の下で回転を阻止されるからである。上部電極スタック130は“フリー(free)”または“検出(sensing)”強磁性層132、及び検出強磁性層132上に形成される保護またはキャッピング層134を含む。検出強磁性層132は反強磁性層と交換結合されず、従ってその磁化方向は対象範囲内の印加磁場の存在の下でも自由に回転できる。検出強磁性層132は、印加磁場が不在の場合、その磁気モーメントまたは磁化方向(矢印133で示される)が、ABS(ABSは図4の紙面に平行な面で、図5に200として示される)に一般に平行になるように、且つ固定強磁性層118の磁化方向に一般に垂直になるように形成される。トンネル障壁層120の真下の電極スタック110内の固定強磁性層118は、下部電極スタック110の一部を形成する真下にある反強磁性層116との界面交換結合により、その磁化方向を固定される。固定強磁性層118の磁化方向は、一般にABSに垂直に、すなわち図4の紙面から出て行くまたは入り込む方向に向ける(矢の尾119により示される)。

【0018】図4には更に、検出強磁性層132の磁化を長手方向にバイアスするためのバイアス強磁性層150、及びバイアス層150を検出強磁性層132及びMTJ素子100の他の層から分離及び絶縁する絶縁層160が示される。説明を容易にするため、バイアス強磁性層150は図5には示されていない。バイアス強磁性層150は、CoPtCr合金などの硬磁性材料であり、印加磁場が不在の時、その磁気モーメント(矢印151で示される)が、検出強磁性層132の磁気モーメント133と同一の方向に整列される。絶縁層160は、好適にはアルミナ( $Al_2O_3$ )またはシリカ( $SiO_2$ )であり、これはバイアス強磁性層150をMTJ素子100及びスペーサ層102、104から絶縁するために十分な厚さを有するが、検出強磁性層132との静磁気結合(破線の矢印153で示される)を可能にするように十分に薄い。長手方向の安定なバイアスを保証するために、バイアス強磁性層150の積 $M^*t$ (ここで $M^*$ は強磁性層内の材料の1単位面積当たりの磁気モーメント、 $t$ は強磁性層の厚さを示す)が、検出強磁性層132の $M^*t$ 以上でなければならない。通常、検出強磁性層132内で使用される $Ni(100-x)Fe(x)$ (ここで $x$ は約19)の磁気モーメントは、バイアス強磁性層150として好適な典型的な硬磁性材料(例えば $Co_{75}Pt_{13}Cr_{12}$ )の磁気モーメントの約2倍であるので、バイアス強磁性層150の厚さは、検出強磁性層132の厚さの少なくとも約2倍である。

【0019】検出電流Iは、第1のシールドS1を形成する導電材料から第1のスペーサ層102に進み、次に垂直方向に反強磁性層116、固定強磁性層118、トンネル障壁層120及び検出強磁性層132を通じて、第2のスペーサ層104に達し、次に第2のシールドS2を通じて出力される。前述のように、トンネル障壁層120を通過するトンネル電流の量は、トンネル障壁層120に隣接し、接触する固定強磁性層118及び検出強磁性層132の磁化の相対方位の関数である。記録データからの磁場は、検出強磁性層132の磁化方向を矢印方向133から離れて、すなわち図4の紙面に入り込むまたは出て行く方向に回転させる。このことが強磁性層118及び132の磁気モーメントの相対方位を、従ってトンネル電流の量を変化させ、これがMTJ素子100の電気抵抗の変化として反映される。抵抗のこの変化がディスク・ドライブ電子機構により検出され、ディスクからリードバックされるデータに処理される。シールドS1及びS2を通じる検出電流は、電気絶縁層160により、バイアス強磁性層150に達することを阻止される。絶縁層160はまた、バイアス強磁性層150をMTJ素子100及びスペーサ層102、104から絶縁する。

【0020】次に、MTJ素子100(図4及び図5)

の代表的な材料の組み合わせについて述べることにす

る。MTJ素子100の全ての層は、基板の表面に平行に印加される磁場の存在の下で成長される。磁場は全ての強磁性層の容易軸を方向づける役目をする。最初に、5nmのTaシード層（図示せず）が、スペーサ層102として機能する10nm乃至50nmのCu層上に形成される。スペーサ層の好適な材料は導電性であるが、スペーサ層は非常に薄いので導電率の値に対する厳格な要求は存在しない。従って、Cuよりも導電性の低い金属であっても、それらがMTJ素子100を構成する様々な薄層を以降成長させるための、適切な平滑度を有する層を形成するのであれば使用され得る。図4及び図5に示される実施例に対する追加の要求は動作に際して、ABSにおける磁気ディスクとの時折の接触の結果、スペーサ層材料がエアベアリング面を横断して容易に汚れを生じないことである。この要求は、スペーサ層が決してMTJ MRヘッドが読出す磁気ディスクと直接接触しないように、MTJ素子及びスペーサ層がABSから引っ込んでいる場合には当てはまらない。シード層は、面心立方（fcc）Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>テンプレート層112の（111）成長を促進させる材料からなる。テンプレート強磁性層112は、反強磁性層116の成長を促進させる。好適なシード層材料には、Taの他にCuなどのfcc金属、または3nm乃至5nmのTa/3nm乃至5nmのCuなどの層の組み合わせが含まれる。MTJベース電極スタック110は、4nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/10nmのFe<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>/8nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>（それぞれ層112、116、118に対応）のスタックを含み、これらが10nm乃至20nmのCu層102上のTaシード層上に成長される。Cuスペーサ層102は、基板の役目をする第1のシールドS1を形成する材料上に直接形成される。次に、0.5nm乃至2nmのAl層を付着し、プラズマ酸化することによりトンネル障壁層120が形成される。これはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>絶縁トンネル障壁層120を形成する。上部電極スタック130は5nmのNi-Fe/10nmのTa（それぞれ層132、134に対応）のスタックである。Ta層134は、処理の間のMTJ素子100の腐食保護のためのキャッピング層として機能する。上部電極スタック130は、スペーサ層104として機能する20nmのAu層により接触される。

【0021】下側の電極スタック110内の層が滑らかであり、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>トンネル障壁層120内に、接合を電氣的に短絡するピンホールが無いことが重要である。例えば、金属多層スタック内で良好な巨大磁気抵抗効果を生成するための、既知のスパッタリング技術による成長が有効である。

【0022】別の検出強磁性層132では、検出強磁性層132とトンネル障壁層120との間の界面に、Co若しくはCo(100-x)Fe(x)（xは約70）、またはNi(100-x)Fe(x)（xは約60）の薄層を含み、層132

の大半が、Ni(100-x)Fe(x)（xは約19）などの低磁気ひずみ材料である。Co若しくはCo(100-x)Fe(x)（xは約70）、またはNi(100-x)Fe(x)（xは約60）の薄い界面層を有するこのタイプの検出層132のネットの磁気ひずみは、層132の大半の組成の僅かな変化により、0に近い値を有するように編成される。別の固定強磁性層118としては、主として大量のNi(100-x)Fe(x)層（xは約19）と、トンネル障壁層120との界面に設けられるCo若しくはCo(100-x)Fe(x)（xは約70）、またはNi(100-x)Fe(x)（xは約60）の薄層とから構成される。最大の信号がCoにより、または最高の分極のNi(100-x)Fe(x)（xは約60）、またはCo(100-x)Fe(x)（xは約70）合金により獲得される。界面層は最適には約1nm乃至2nmの厚さである。結合層のネットの磁気ひずみは組成の小さな変化により0に近くなるように編成される。層118の大半がNi-Feの場合、組成はNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>であり、大量のNi-Feの組成が0の磁気ひずみを有する。

【0023】Fe-Mn反強磁性層116は、Ni-Mn層により、または固定層118内の強磁性材料を交換バイアスし、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>障壁層よりも実質的に小さな抵抗を有する他の好適な反強磁性層により、置換され得る。更に、好適な実施例では、固定強磁性層がその磁気モーメントを、反強磁性層との界面交換結合により固定されるが、固定強磁性層が磁氣的に“硬質（hard）”の高保磁性材料から形成され、それにより反強磁性層の必要を回避することも可能である。従って、硬質の固定強磁性層は様々な強磁性材料から形成され、それらにはCoと1つ以上の他の要素から成る合金、例えばCo-Pt-Cr合金、Co-Cr-Ta合金、Co-Cr合金、Co-Sm合金、Co-Re合金、Co-Ru合金、及びCo-Ni-X合金（X=Pt、PdまたはCr）など、及びCo-Ni-Cr-Pt及びCo-Pt-Cr-Bなどの、様々な4元合金が含まれる。

【0024】図4及び図5に関連して述べられたMTJ素子は、MTJ素子100の底部上に固定強磁性層を有するが、素子は最初に検出強磁性層を付着し、次にトンネル障壁層、固定強磁性層及び反強磁性層の順に付着することによっても、形成される。こうしたMTJ素子は、図4及び図5に示されるMTJ素子100とは、本質的に逆転された層を有することになる。

【0025】高面密度（ディスク表面の1単位面積当たり記憶されるデータの量）を達成するために、MTJ素子100及びその関連スペーサ層102、104は、図4及び図5に示されるように、磁気シールドS1、S2の間に直接配置され、別の電気リード層、及びリードをシールドから分離するための絶縁ギャップ材料を必要としない。磁気シールドは比較的厚い高透磁率の磁性材料からなり、MRセンサが隣の磁気転移からの干渉を受け



ること無しに、個々の磁気転移を検出することを可能にする。従って、MRセンサは、それ以外で可能なよりも小さなビット長で磁気ビットを検出できる。MRセンサの分解能は、磁気シールド層S1及びS2間の分離S

(図5参照)と、検出面200とディスク上の磁気膜との間の距離とにより決定される。例えば、センサ/磁気膜間の間隔が0.02 $\mu$ mのディスク・ドライブにおいて、1インチ当たり125000ビットの磁気ビット線密度(1 $\mu$ m当たり5磁気転移に等価)の磁気ビットを検出するために、シールド層間の分離Sは0.2 $\mu$ m以下であることが要求される。

【0026】本発明では、シールドS1及びS2が電気的に導電性で、適度に高い透磁率を有さなければならない。シールドは様々なNiFeX合金(XはTa、Rh、PtまたはNb)、若しくはCoZrNb合金またはセンダスト(FeAlSi)合金から形成され得る。図5に示されるように、本発明はMRセンサを電気的に分離するために使用された絶縁ギャップ層G1及びG2(図3)の結合厚さ分だけ、分離Sの厚さの低減を可能にする。間隔Sは勿論、スペーサ層102及び104の厚さを低減することにより、更に低減され得る。原則的には、MTJ素子と直接の任意の抵抗は、MTJ素子の信号の大きさを低減するが、本発明のMTJ MR読取りヘッド内のスペーサ層102及び104の抵抗は無視できる。

【0027】図3に示される従来技術では、ギャップ層G1及びG2が余りに薄く形成されると、MRセンサ40のリードがシールドS1及びS2に電気的に短絡する可能性があった。それに対して本発明のMTJ MR読取りヘッドでは、この問題が除去される。なぜなら、シールドがMTJ素子100を検出回路に接続する電気リードとして機能するからである。

【0028】本発明の素子では、シールドS1、S2間の分離の低減が、MTJ MRヘッドの線分解能の対応する増加につながる。このことは次の例から理解される。典型的なMTJ素子100の厚さは、66nm以下である(5nmのTa+15nmのPt+4nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>+10nmのFe<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>+6nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>+1nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+5nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>+20nmのTa)。通常、絶縁ギャップ層G1、G2の最小の厚さは20nm以下である。従って、MTJ素子100がギャップ層G1、G2を使用する構造内で使用される場合、S1とS2との分離は106nm以下である。このことは(ビット長がギャップ分離よりも僅かに小さいだけと仮定すると、)1インチ当たり250000以下の磁気転移に対応する線分解能を導出する。スペーサ層102、104がそれぞれのシールドS1、S2に直接接続される場合、ギャップ層G1及びG2が除去され、シールド間の分離は66nm以下に低減される。従って、MRヘッドの線分解能は、1インチ当たり400

000以下の磁気転移に増加される。更に、スペーサ層102及び104の厚さが、それぞれ7.5nm以下に低減されると、それ以外は同一のMTJ MR素子100により、1インチ当たり500000以下の磁気転移のより高い分解能が可能になる。従って、スペーサ層102、104を使用し、それらの厚さを選択することにより、所望の線分解能で動作するMTJ MR読取りヘッドを設計するために、間隔Sが最適化され得る。

【0029】本発明のMTJ MR読取りヘッドは、超高密度磁気記録アプリケーションに好適である。厚さ2nmのCuスペーサ層102及び104、厚さ5nmのIrMn交換バイアス層116、厚さ2.5nmのCo固定強磁性層118、厚さ1nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>トンネル障壁層120、及び厚さ3nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>フリー強磁性層から成る構造により、結合厚が僅かに13.5nmのMTJ素子及びスペーサ層が形成される。従って、1インチ当たり1500000磁気転移を越える線密度が可能になる。

【0030】本発明では、フリー強磁性層132が磁気シールドS2と直接接触し得ない。なぜなら、この層の磁気モーメントが、シールドの磁気モーメントとの交換結合により固定されるからであり、従って、磁気ディスク媒体内の磁気転移からの磁束に最適に応答できない。同様に、反強磁性交換バイアス層116がシールドS1と直接接触しないことが好ましい。なぜなら、シールドの磁気特性が変更されるからである。特に、シールドの透磁率が反強磁性層の領域内で低減される。従って、スペーサ層102、104は、それぞれ層116、132との電気接続を提供する一方、これらの層をシールドS1、S2から分離する。しかしながら、本発明では、反強磁性層116と接触するテンプレート層112、及びフリー強磁性層132と接触するキャッピング層134が、適切な材料からなり、適切な厚さに形成されれば、スペーサ層として機能し得る。例えば、スペーサ層102及びテンプレート112の両方は、Taにより結合厚5nm乃至10nmで形成される。同様に、キャッピング層134及びスペーサ層104の両方は、Taにより結合厚5nm乃至10nmで形成される。本発明の素子では、MTJ素子100の結合厚及びスペーサ層102、104の厚さが距離Sを決定する。本発明の素子は、シールド間の分離が低減されるときに、導体リードとシールドとの間の電氣的短絡の可能性を除去するが、シールド間の直接的な電氣的短絡の確率が増加する。このことは図6に示されるように、MTJ素子100から離れた領域において、シールド間の分離を増加することにより軽減される。図6では、MTJ素子100が形成される領域内において、各シールドS1、S2がそれぞれのペDESTAL161、163を有し、それによりこの領域内の間隔Sが、MTJ素子100が形成される領域の外側のシールド間の間隔S'よりも、小さくなる。こ



のようにして、大きな距離  $S'$  が、2つのシールド  $S_1$ 、 $S_2$  間の電氣的短絡の可能性を低減する。

【0031】本発明のMTJ MR読取りヘッドの別の利点は、MTJ素子への電気リードとしても機能するシールドの電気抵抗が小さいことである。なぜなら、シールドが非常に厚いからである。MTJ素子への独立の電気リードが、シールドとMTJ素子との間に配置される場合、これらのリードは薄い導電層から形成され、追加の絶縁層によりシールドから分離されなければならない。高密度記録アプリケーションでは、MTJ素子付近の電気リードの厚さを制限するシールド間分離  $S$  が、小さく保たなければならない。従って、これらの電気リードにかかる大きな電圧降下が存在し得る。この電圧降下は所望の信号、すなわちMTJ素子にかかる電圧降下と直列であるので、それ以外同一の検出条件に対して出力信号が低減する。本発明のMTJ素子では、電気リードとしても機能するシールドにかかる電圧降下が小さい。

【0032】図7乃至図11を参照して、本発明のMTJ MR読取りヘッドの形成プロセスについて述べることにする。プロセスは、図6に示されるものと類似の、すなわち磁気シールド間の分離が、MTJ素子から離れた領域において大きいMTJMRヘッドの形成について述べられる。説明を容易にするため、図4に示される長手方向のバイアス領域150の形成については述べないことにする。

【0033】図7に示されるように、プロセスはシールド  $S_1$  上に、スペーサ層102、MTJ素子100、及び上部スペーサ層104のための材料を付着することにより開始する。スペーサ層材料102は、Ta、Al、Cu、Au、W及びPtなどの様々な導電材料であり得、通常0nm乃至20nmの範囲の厚さを有する。反強磁性層116は、Fe-Mn、Ni-Mn、Pt-Mn、Ir-Mn及びPd-Mnなどの、様々な公知の材料から選択され得る。反強磁性層116の典型的な厚さは、7nm乃至30nmの範囲である。固定強磁性層118は好適にはNi-Fe合金か、またはNi-Fe合金とCoの薄膜の2重層である。Ni-Fe合金層の典型的な厚さは2nm乃至10nmであり、Co層の典型的な厚さは0.2nm乃至2nmである。トンネル障壁層120としてのアルミニウムの厚さは、通常0.5nm乃至1.5nmの範囲である。フリー強磁性層132は通常Ni-Fe合金か、またはCoとNi-Fe合金の2重層であり、厚さ10nm乃至20nmのNi-Fe合金と、厚さ0.2nm乃至2nmのCoとから成る。スペーサ層104は、スペーサ層102に関して上述されたのと類似の材料及び厚さから形成される。

【0034】これらの層が、通常、イオン・ビーム付着、若しくはRFまたはDCマグネトロン・スパッタリングにより付着された後、図8に示されるように、これ

らの層がレジスト230を用いて、リソグラフィによりパターン化される。次に図9に示されるように、イオン・ミリングによりレジスト230により保護されない材料を除去する。イオン・ミリング・プロセスは、イオン・ミリングの時間などの好適な条件を選択することにより、レジスト230が存在しない至る所の層102、100及び104を除去するだけではなく、更に底部シールド  $S_1$  の上面からも、深さ  $d$  だけ材料が除去されるように設計される。レジスト層230は通常、アンダーカットを有する2重層レジストである。図9のイオン・ミリング工程の後、図10に示されるように、通常、アルミナまたは  $SiO_2$  などの絶縁材料の層250が、イオン・ビームまたはRFスパッタリングにより、少なくとも  $d$  及びスペーサ層102、MTJ素子100及びスペーサ層104の厚さの総和よりも大きい厚さに付着される。絶縁層250の付着後、レジスト層230が取り去られ、スペーサ層104上に付着された絶縁材料が除去される。最後に図11に示されるように、上部シールド層  $S_2$  が、イオン・ビーム付着若しくはRFまたはDCマグネトロン・スパッタリングにより形成される。

【0035】上述のプロセスは、図4に示されるように、領域150内に硬磁性材料を組み込むことにより、フリー強磁性材料層132の長手方向のバイアスまたは安定化を提供するためにも適応化され得る。

【0036】スペーサ層、フリー及び固定強磁性層、トンネル酸化物層及び反強磁性層の全体の厚さは、50nm乃至80nmの範囲である。下側シールド  $S_1$  は、30nm以下の厚さ  $d$  だけオーバミリングされ、図10の工程で付着される絶縁層の厚さは、120nm以下である。従って、図7乃至図11で示された形成手順を用いるこの例は、分解能ギャップ  $S$  が50nm乃至80nm以下であるが、MTJセンサから離れた場所でのシールド間分離  $S'$  が、50nm乃至80nmではなしに、120nm以下のMTJ MR読取りヘッドを導出する。フリー強磁性層132が、2つのシールド間のこのギャップ内の中心に位置決めされる（すなわち層132を  $S/2$  に配置する）ことが有利であるので、これはスペーサ層102及び104の厚さ、 $S_1$  のオーバミリングの厚さ、及び図10の工程で付着される絶縁層250の厚さを調整することにより達成される。

【0037】MTJセンサの画定及び形成の後、固定強磁性層118の磁化方向（磁気モーメント）を適切な方向に揃えることが依然必要である。固定強磁性層118との交換結合のために、反強磁性層116としてFe-Mnが使用される場合、それは付着時には反強磁性である。しかしながら、その磁化方向は固定強磁性層118を適切な方位に交換結合するように再整列されなければならない。構造がアニーリング・オープン内に入られ、温度がFe-Mnの閉鎖温度（blocking temperature）

re) よりも高い、約 180 度まで上昇される。この温度では、Fe-Mn 層はもはや固定強磁性層 118 との交換異方性を生じない。強磁性層 118 の交換異方性は、磁場内で 1 対の層 116、118 を冷却することにより発達される。固定強磁性層 118 の磁化方向は印加磁場の方向に沿う。従って、アニーリング・オープン内の印加磁場は、図 4 の矢印 119 により示されるように、固定強磁性層 118 の磁気モーメントを ABS に垂直な要求方向に沿って固定する。これが強磁性層 118 の存在の下で、Fe-Mn 層を冷却した結果であり、結局、強磁性層 118 が印加磁場により要求方向に磁化される。従って、Fe-Mn の閉鎖温度以下の温度では、記録媒体からの印加磁場の存在の下で、固定強磁性層 118 の磁化方向は実質的に回転しない。

【0038】図 6 で述べられた本発明の実施例は、MTJ 素子 100 の面積と同一の面積を有し、MTJ 素子に位置合わせされるベDESTAL を有するが、これは必要な条件ではない。別の実施例では、ベDESTAL の面積が MTJ 素子 100 の面積よりも大きくされ、MTJ 素子がベDESTAL の中心に位置合わせされる必要がないが、MTJ 素子の境界はベDESTAL の面積内になければならない。同様に、MTJ 素子から離れた所でのシールド S1、S2 間の分離を増加するために、MTJ 素子の一方の側のベDESTAL だけが要求される。上側のベDESTAL だけを有するこうした代替実施例は、図 7 乃至図 11 で述べられた形成プロセスと類似のプロセスにより形成され得る。しかしながら、MTJ 素子 100 及びスペーサ層 102 及び 104 は、図 9 に示されるようにオーバミリングされることはなく、シールド S1 の表面までミリングされる。従って、下側のベDESTAL は形成されない。それ以外の残りのプロセスについては同一である。下側のベDESTAL だけが形成される実施例は、図 10 の工程の後に、フォトリソ 230 を除去した後、素子の結果の面が化学機械式研磨プロセスにより平坦化される以外は、図 7 乃至図 11 に示される形成工程と類似のセットにより形成される。次にシールド S2 が、平坦化された表面上に直接付着され、上側のベDESTAL は形成されない。

【0039】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0040】(1) 検出回路に接続されるとき、媒体上に磁氣的に記録されたデータを検出する磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッドであって、第 1 の導電性の磁気シールドと、前記第 1 のシールド上に配置される第 1 の導電性のスペーサ層と、前記第 1 のスペーサ層上に配置される磁気トンネル接合であって、前記媒体からの印加磁場の存在の下で、磁化方向が好適な方向に沿って固定され、回転を阻止される固定強磁性層と、前記媒体からの印加磁場の不在の下で、磁化方向が前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に向けられ、前記印加磁場の存在の下

で、自由に回転することができる検出強磁性層と、前記固定強磁性層と前記検出強磁性層との間に接触して配置され、前記固定強磁性層及び前記検出強磁性層に垂直な方向のトンネル電流を可能にする、絶縁トンネル障壁層とを含む、磁気トンネル接合と、前記磁気トンネル接合を前記第 1 のスペーサ層との間で挟み込む第 2 の導電性のスペーサ層と、前記第 2 のスペーサ層上に配置される第 2 の導電性の磁気シールドとを含み、前記第 1 のシールドから前記第 1 のスペーサ層、前記磁気トンネル接合及び前記第 2 のスペーサ層を通じて前記第 2 のシールドに至る導電パスが提供される、読取りヘッド。

(2) 前記磁気トンネル接合と前記第 2 のスペーサ層との間に配置され、前記磁気トンネル接合のための腐食保護を提供するキャッピング層を含む、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(3) 前記第 2 のスペーサ層が、前記磁気トンネル接合のための腐食保護を提供するキャッピング層である、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(4) 前記固定強磁性層と接触し、界面交換結合により前記固定強磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を含む、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(5) 前記第 1 のスペーサ層が前記第 1 のシールド上に直接形成され、前記反強磁性層が前記第 1 のスペーサ層と前記固定強磁性層との間に配置され、前記固定強磁性層が前記反強磁性層上に直接接触して形成される、前記 (4) 記載の読取りヘッド。

(6) 前記第 1 のスペーサ層上に配置され、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層を含み、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、前記 (5) 記載の読取りヘッド。

(7) 前記第 1 のスペーサ層が、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層であり、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、前記 (5) 記載の読取りヘッド。

(8) 印加磁場の不在の下で、前記検出強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に、長手方向にバイアスするバイアス強磁性層と、前記バイアス強磁性層と前記検出強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検出強磁性層から電氣的に分離する絶縁層とを含み、前記スペーサ層が前記絶縁層により前記バイアス強磁性層から電氣的に分離され、検出電流が前記第 1 及び第 2 のシールド間を流れるときに、前記検出電流が前記バイアス強磁性層に流れ込むことなく、前記磁気トンネル接合を通じて垂直方向に流れる、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(9) 前記読取りヘッドが統合型読取り/書込みヘッドの一部である、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(10) 前記第 1 及び第 2 のシールドに接続される検出回路を含む、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(11) 前記第 1 及び第 2 のシールドの各々がベDESTA

ル領域を含み、前記第 1 のスペーサ層が前記第 1 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 2 のスペーサ層が前記第 2 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 1 及び第 2 のシールド間の間隔が、前記ペDESTAL領域の外側において、前記ペDESTAL領域内よりも大きい、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(12) 前記ペDESTAL領域の各々の面積が、前記第 1 及び第 2 のスペーサ層の各々の面積と同一である、前記 (11) 記載の読取りヘッド。

(13) 前記第 1 及び第 2 のシールドが、NiFeX合金 (XはTa、Rh、PtまたはNb)、CoZrNb合金、及びFeAlSi合金を含むグループから選択される材料からなる、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(14) 前記読取りヘッドが磁気記録ディスクからデータを検出するタイプであり、前記読取りヘッドが、該ヘッドが前記ディスクからデータを読出すときに、前記ディスクの表面と対向するエアベアリング面 (ABS) と、前記ABSに垂直なトレーリング・エンド面とを有するエアベアリング・スライダを含み、前記スライダ・トレーリング・エンド面が、前記第 1 のシールドが形成される基板である、前記 (1) 記載の読取りヘッド。

(15) 検出回路に接続されるとき、磁気記録ディスク・ドライブ内の磁気記録ディスクからデータを検出する磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッド・アセンブリであって、前記ディスクの表面に対向する検出面、及び前記検出面に垂直なトレーリング・エンド面を有するヘッド・キャリアと、前記ヘッド・キャリアの前記トレーリング・エンド面上にあって、前記検出回路への接続のための電気リードを提供する第 1 の導電性の磁気シールドと、前記第 1 のシールド上の第 1 の導電性のスペーサ層と、前記第 1 のスペーサ層上の磁気トンネル接合であって、前記媒体からの印加磁場の存在の下で、磁化方向が好適な方向に沿って固定され、回転を阻止される、前記第 1 のスペーサ層上の固定強磁性層と、前記固定強磁性層上に接触して配置される絶縁トンネル障壁層と前記トンネル障壁層上に接触して配置され、前記ディスクからの印加磁場の不在の下で、磁化方向が前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に向けられ、前記印加磁場の存在の下で、自由に回転することができる検出強磁性層とを含む、磁気トンネル接合と、前記検出強磁性層上の第 2 の導電性のスペーサ層と、前記第 2 のスペーサ層上に配置され、前記検出回路との接続のための電気リードを提供する第 2 の導電性の磁気シールドとを含み、前記第 1 のシールドから前記第 1 のスペーサ層、前記磁気トンネル接合及び前記第 2 のスペーサ層を通じて、前記第 2 のシールドに至る導電パスが提供され、前記パスが前記トンネル障壁層を通じて垂直方向に流れるトンネル電流のためのパスを含む、ヘッド・アセンブリ。

(16) 前記検出強磁性層と前記第 2 のスペーサ層との間に配置され、前記磁気トンネル接合のための腐食保護

を提供するキャッピング層を含む、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

(17) 前記第 2 のスペーサ層が、前記磁気トンネル接合のための腐食保護を提供するキャッピング層である、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

(18) 前記第 1 のスペーサ層と前記固定強磁性層との間に、該固定強磁性層と接触して配置され、界面交換結合により前記固定強磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を含む、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

(19) 前記第 1 のスペーサ層上に配置され、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層を含み、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、前記 (18) 記載のヘッド・アセンブリ。

(20) 前記第 1 のスペーサ層が、前記反強磁性層の形成を推進するテンプレート層であり、前記反強磁性層が前記テンプレート層上に直接接触して形成される、前記 (18) 記載のヘッド・アセンブリ。

(21) 印加磁場の不在の下で、前記検出強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に垂直に、長手方向にバイアスするバイアス強磁性層と、前記バイアス強磁性層と前記検出強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検出強磁性層から電気的に分離する絶縁層とを含み、前記スペーサ層が前記絶縁層により前記バイアス強磁性層から電気的に分離され、検出電流が前記第 1 及び第 2 のシールド間を流れるときに、前記検出電流が前記バイアス強磁性層に流れ込むことなく、前記磁気トンネル接合を通じて垂直方向に流れる、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

(22) 前記第 1 及び第 2 のシールドに接続される検出回路を含む、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

(23) 前記第 1 及び第 2 のシールドの各々がペDESTAL領域を含み、前記第 1 のスペーサ層が前記第 1 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 2 のスペーサ層が前記第 2 のシールドの前記ペDESTAL領域上に形成され、前記第 1 及び第 2 のシールド間の間隔が、前記ペDESTAL領域の外側において、前記ペDESTAL領域内よりも大きい、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

(24) 前記ペDESTAL領域の各々の面積が、前記第 1 及び第 2 のスペーサ層の各々の面積と同一である、前記 (23) 記載のヘッド・アセンブリ。

(25) 前記第 1 及び第 2 のシールドが、NiFeX合金 (XはTa、Rh、PtまたはNb)、CoZrNb合金、及びFeAlSi合金を含むグループから選択される材料からなる、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

(26) 前記ヘッド・キャリアがエアベアリング・スライダであり、前記検出面が前記スライダのエアベアリング面である、前記 (15) 記載のヘッド・アセンブリ。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による凹型 MTJ MR 読取りヘッドと共に使用される従来の磁気記録ディスク・ドライブの単純化されたブロック図である。

【図 2】カバーが外された図 1 のディスク・ドライブの上面図である。

【図 3】本発明の MTJ MR 読取りヘッドが配置される、誘導書込みヘッドに隣接して、シールド間に配置される MR 読取りヘッドを有する、従来の統合型誘導書込みヘッド/MR 読取りヘッドの垂直断面図である。

【図 4】本発明の MTJ MR 読取りヘッドの MTJ 素子に沿う断面図、並びに電気リードとして機能する磁気シールドを通じて、及び MTJ 素子を通じて垂直方向に流れる検出電流の方向を示す図である。

【図 5】本発明の MTJ MR 読取りヘッドの検出端に対する MTJ 素子及び他の層の相対位置を示す、ヘッドの断面図である。

【図 6】MTJ 素子が磁気シールドのペDESTAL 領域間に配置される、本発明の MTJ MR 読取りヘッドの実施例を示す断面図である。

【図 7】シールド S1 上に、スペーサ層 102、MTJ 素子 100、及び上部スペーサ層 104 のための材料を付着する、本発明の MTJ MR 読取りヘッドの形成工程を示す図である。

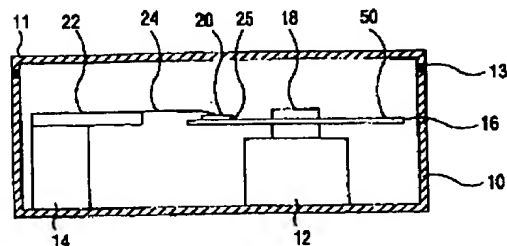
【図 8】レジスト層 230 をパターン化する、本発明の MTJ MR 読取りヘッドの形成工程を示す図である。

【図 9】イオン・ミリングによりレジスト層に覆われない部分を除去する、本発明の MTJ MR 読取りヘッドの形成工程を示す図である。

【図 10】絶縁層 250 を付着する、本発明の MTJ MR 読取りヘッドの形成工程を示す図である。

【図 11】シールド層 S2 を付着する、本発明の MTJ MR 読取りヘッドの形成工程を示す図である。

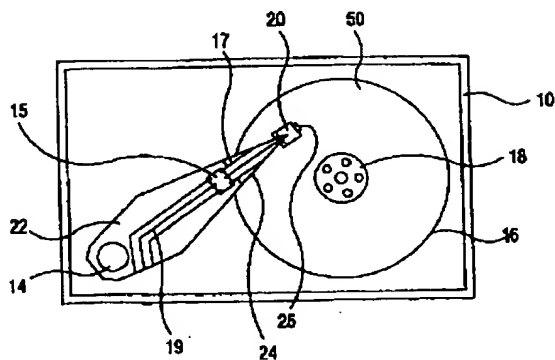
【図 1】



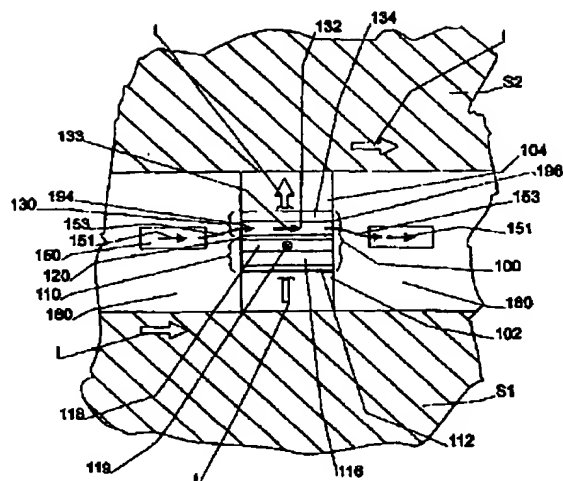
## 【符号の説明】

- 10 基部
- 11 カバー
- 12 ディスク駆動モータ
- 13 ガスケット
- 14 アクチュエータ
- 15 集積回路チップ
- 16 磁気記録ディスク
- 17 可撓性ケーブル
- 18 ハブ
- 19 ケーブル
- 20 エアベアリング・スライダ
- 22 剛性アーム
- 24 サスペンション
- 25 読取り/書込みヘッドまたはトランスジューサ
- 40 MR センサ
- 50 潤滑膜
- 100 MTJ 素子
- 102、104 スペーサ層
- 110、130 電極スタック
- 112 シード（またはテンプレート）層
- 116 反強磁性交換バイアス層
- 118 固定強磁性層
- 120 絶縁トンネル障壁層
- 132 フリー（または検出）強磁性層
- 134 キャッピング層
- 150 バイアス強磁性層
- 153 静磁気結合
- 160、250 絶縁層
- 161、163 ペDESTAL
- 200 エアベアリング面
- 230 レジスト

【図 2】

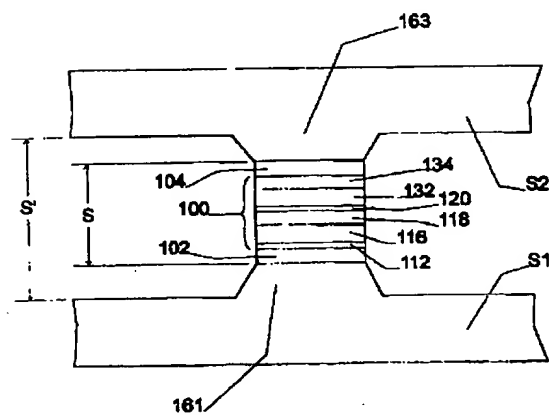
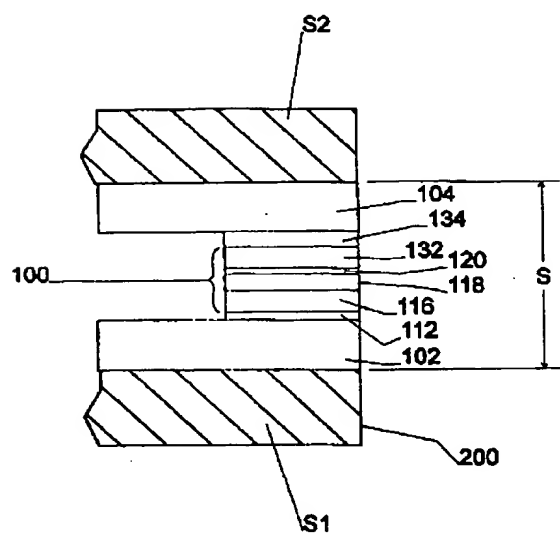


【 4】

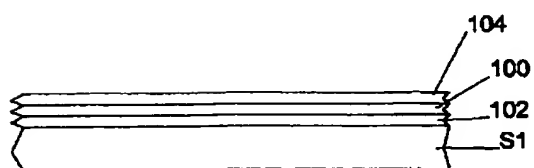


【図 6】

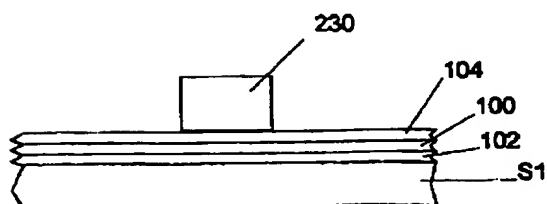
【例 5】



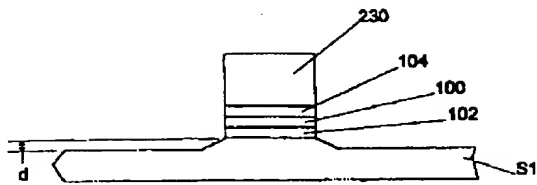
【例 7】



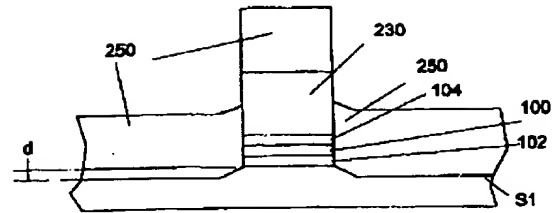
【例 8】



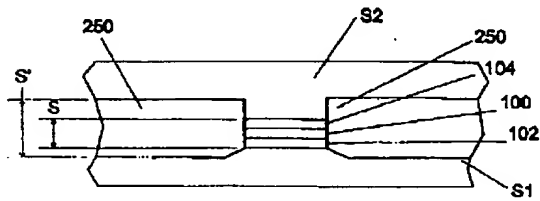
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 ロバート・エドワード・フォンタナ、ジュニア  
アメリカ合衆国95120、カリフォルニア州  
サン・ホセ、ノースリッジ・ドライブ  
6596

(72)発明者 スチュアート・ステファン・パップワース・パーキン  
アメリカ合衆国95123、カリフォルニア州  
サン・ホセ、ロイヤル・オーク・コート  
6264

(72)発明者 チン・ホワ・ツァン  
アメリカ合衆国94087、カリフォルニア州  
サニーベール、ヘレナ・ドライブ 882